



# Untersuchung von ETCS-Betriebsszenarien

## Kosimulation von BEST und RailSiTe®

Dipl.-Ing. Volker Knollmann, Dipl.-Inform. Oliver Gantz



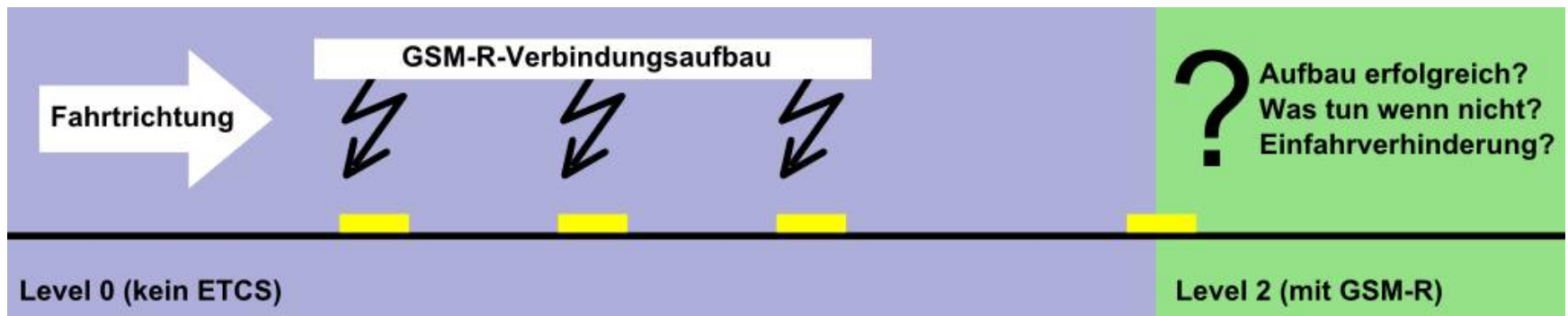
Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

# Motivation

## Überprüfung der betrieblichen Interoperabilität

- Inbetriebnahmen von ETCS-Strecken zeigen:  
Zug- und Streckenseite harmonisieren nicht immer
- Häufige Ursache: die Projektierung der Strecke
- Beispiel: Einfahrt in einen ETCS-Bereich (Level 2)

**Ziel: sicher *fahren* und nicht nur sicher *stehen***





# Was ist eigentlich Interoperabilität?


## Anschauliche Erklärung für die ETCS-Domäne

### Technische Interoperabilität:

- Korrekte *Interpretation* von ETCS-Befehlen durch (Sub-)Komponenten
- Überprüfung im Labor u. a. durch „UNISIG Testsequenzen“
- Kein betrieblicher Kontext, im Fokus steht der technische Systemzustand

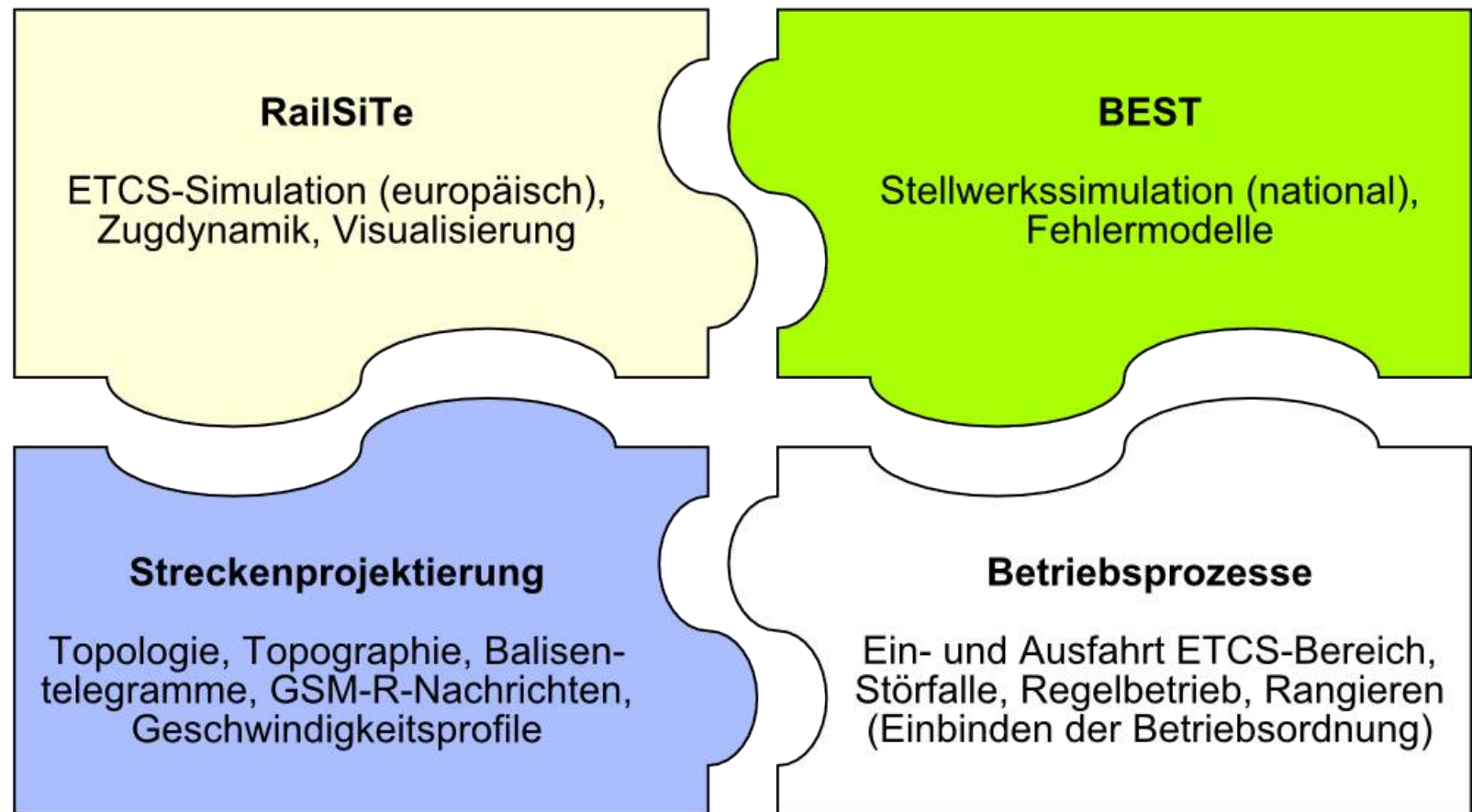
### Betriebliche Interoperabilität:

- Korrekte *Verwendung* von ETCS-Befehlen zur Lösung betriebl. Aufgaben
- Überprüfung: die meisten Probleme treten erst im Feld auf...
- Strecken-, projektierungs-, timing- und situationsabhängig



# Lösungsansatz für simulative Interoperabilitätstests

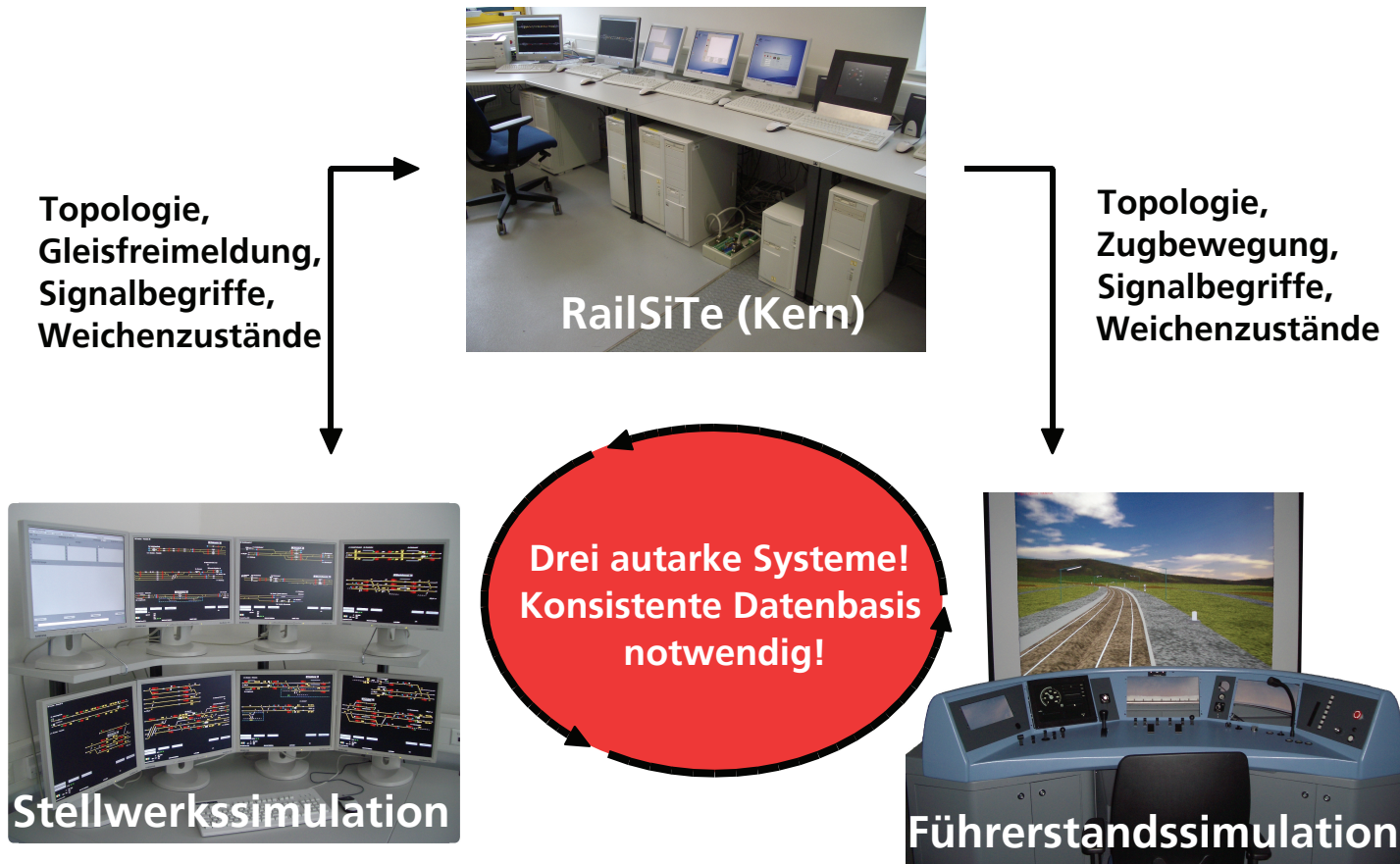
## Kopplung von Stellwerks- und ETCS-Simulation





# Datenkonsistenz bei Kosimulation notwendig

## Synchronisation zwischen BEST, Kern und Visualisierung





# Für die Kopplung auszutauschende Daten

Nicht alle Daten sind für alle Simulationsteile relevant

**Streckenseitige Komponenten  
(Stellwerk und RBC)**

**Fahrzeug, Luftschnittstelle  
(ETCS, RailSiTe-Kern)**

**Visualisierung**

Bedienhandlungen des Fahrdienstleiters  
Blocklogik (Eigenschaften, Zustand)  
Durchrutschwege und Gefahrenpunkte  
Bahnübergänge  
Zug- und Rangierfahrstraßen  
Logischer Signalbegriff (Semantik)  
Gleisfreimeldung  
Gleissperren  
Weichenlagen  
Kilometrierung  
Gleistopologie, Gradienten und Radien  
Fahrpläne  
Zugdynamik  
Zugposition, -länge und -geschwindigkeit  
Bedienhandlungen des Fahrzeugführers  
Physikalischer Signalbegriff (Aussehen)  
Materialien, Texturen, Umgebung





# Unterteilung in statische und dynamische Daten

## Austausch offline (statisch) und online (dynamisch)

### **Statische Daten:**

- Ändern sich während des Simulationslaufs nicht
- Umfassen Topologie, Topographie, Signalposition und -typen, etc
- Export aus BEST und Import in das RailSiTe im railML-Format (XML)

### **Dynamische Daten:**

- Bidirektionale Kommunikation zwischen BEST und RailSiTe zur Laufzeit
- Umfassen vor allem Gleisbesetztmeldung, Signal- und Weichenzustände
- Austausch via TCP/IP zwischen BEST und RailSiTe



# Funktionale Aufteilung innerhalb der Kosimulation

## BEST: Stellwerk u. Strecke, RailSiTe: RBC u. Fahrzeug

- BEST simuliert...
  - Stellwerksfunktionen
  - Streckenzustand (Weichenlagen, Signalbegriffe)
- RailSiTe simuliert...
  - ETCS-Funktionen (Fahrzeug- und Streckenseite)
  - Führerstandsblick (Visualisierung)
  - Zugdynamik und Gleisbelegungen
- Beispiel für „funktionale“ Kopplung: Erteilung eines Fahrbefehls
  - Einrichtung einer Fahrstraße in BEST
  - Daten an das RailSiTe: Fahrstraße gebildet, Startsignal
  - RailSiTe merkt ETCS-Fahrbefehl (Movement Authority) vor
  - RailSiTe überträgt Fahrbefehl an nächsten geeigneten Zug





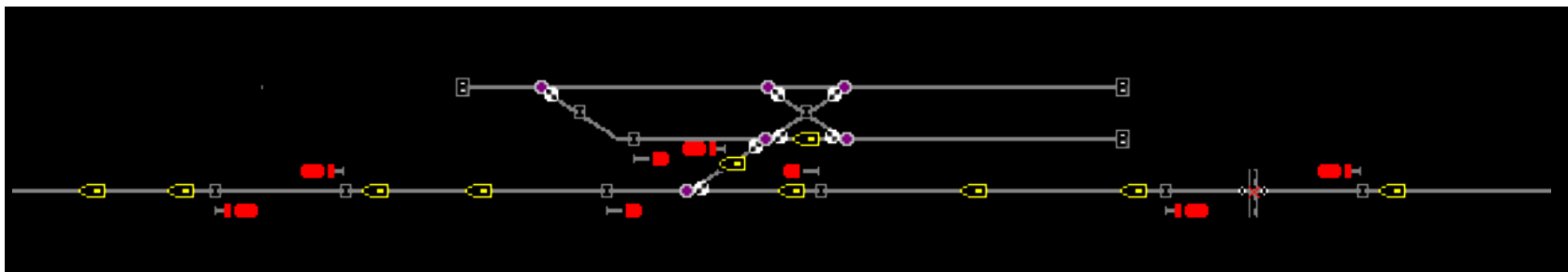
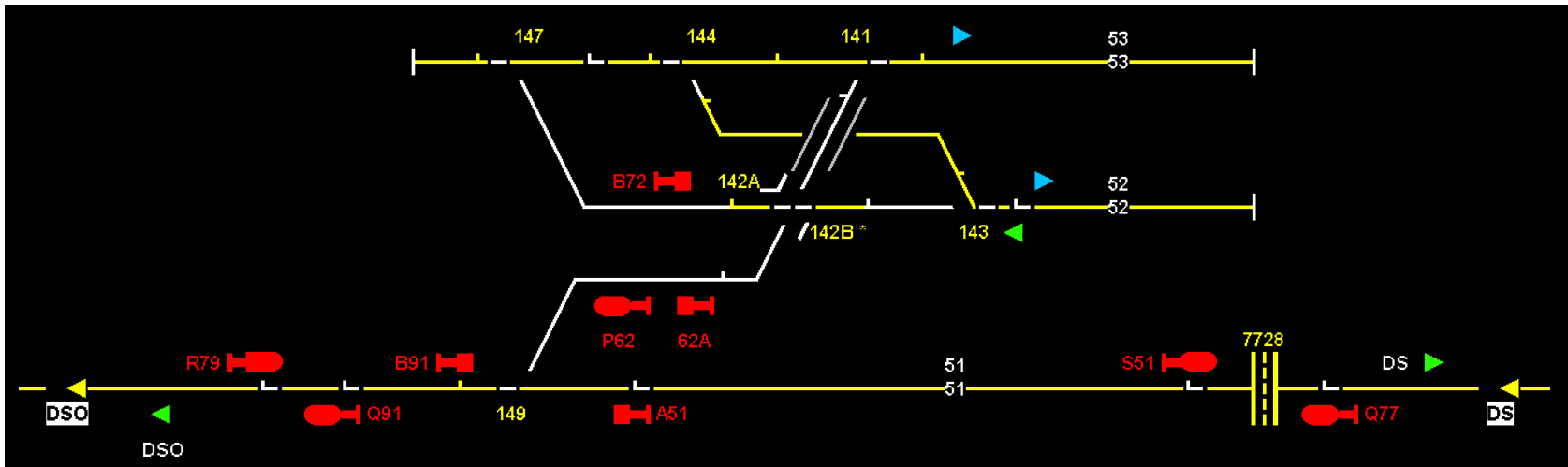
# Typische Szenarien mit Stellwerksbeteiligung

## Besonders im Fokus: ETCS Level 2

- Zugfahrt im Regelbetrieb
  - Abfahrt im Bahnhof (Aufrüsten, MA-Vergabe) in ETCS-Level 2
  - Zugfahrt innerhalb des Levels 2
  - Zugfahrt Level 0 → Level 2 und Level 2 → Level 0
- Rangierfahrten
- Störbetrieb
  - Signalstörung, Fahrt auf Befehl, Fahrt auf Sicht
  - Vorbeifahrt an Halt zeigendem Signal
  - Balisenstörung, GSM-R-Störung, GFM-Störung
  - Stellwerksausfall

# Beispielbahnhof

## BEST-Projektierung und mögliche ETCS-Umsetzung





# Typ. Szenarien ohne direkte Stellwerksbeteiligung

## Besonders im Fokus: TSRs und Reversing

- Langsamfahrstellen / Temporary Speed Restrictions (TSRs)
  - Ausschließlich innerhalb des Level 2
  - Im Übergangsbereich, besonders im Übergang Level 2 → Level 0
- Rückwärtsfahren (Reversing)
- Nicht zugführende Triebfahrzeuge (Non-Leading)
- Non-Stopping-Areas
- Nothalt durch RBC





# Zusammenfassung

## ETCS-Betriebssimulation mit BEST und RailSiTe möglich

- Laborüberprüfung der betrieblichen Interoperabilität erfordert detaillierte Stellwerks- und ETCS-Simulation.
- Die Kopplung von BEST und RailSiTe ist eine geeignete Grundlage für derartige Untersuchungen.
- Im Rahmen der Kosimulation müssen die Simulationsdaten zwischen BEST, RailSiTe und ggf. der Visualisierung konsistent bleiben.
- Die Gesamtheit der Daten umfasst statische und dynamische Anteile, die offline (XML-Datei) bzw. online (TCP/IP) ausgetauscht werden.
- Typische Untersuchungsszenarien betreffen vor allem den Level 2 von ETCS. Gegenstand der Untersuchung sind reguläre Fahrten sowie der Störbetrieb. Viele Szenarien beinhalten den Übergang in den bzw. aus dem ETCS-Bereich.

